

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

する [永田, 1990].

ストリートマイクセルでは電波が道路沿いに伝搬するためマクロセルと比較して電波の距離に対する減衰量が小さい。このため道路に沿った方向のセル繰り返し数はマクロセルの場合よりも大きくなる。近年セル繰り返し数を減らすための技術についても検討されている [Iwama, 1995]。またストリートマイクセルでは道路の状況によって干渉波の状況が著しく変化するため、PHS では本章の後半で述べるダイナミックチャネル割当てによりチャネル割当てを行っている。

6.2.3 オーバレイ型セルを用いたゾーン構成技術

マイクセルを用いることにより周波数の利用効率は向上するがセルの大きさが小さいために高速で移動する場合には頻繁にハンドオーバーが生じ、通信に支障が生じる。しかし、マクロセルのみでは大都市部の繁華街等、多くの人が集まる場所における回線容量が不足する。このことから考えられているのが歩行者など速度の遅い移動局はマイクセルで収容し、自動車などの高速移動体はマクロセルでカバーしそれぞれセル間で周波数と空間を共用しあうオーバレイ型セル (overlay cellular system) を用いたゾーン構成技術の検討が行われている ([古川, 1994], [朝倉, 1994])。

このオーバレイ型セルの概念は、既存のマクロセルシステム内の高トラヒック地域に局所的にマイクセルをオーバレイすることによりシステム容量の増加を図るものであり、不均一セルによるゾーン構成法をさらに発展させ、かつ階層化したイメージである。このオーバレイ型セルと従来の携帯・自動車電話およびPHSとの違いはマクロセル、マイクセルの双方で同じ周波数帯を共用する点である。このため、さまざまなチャネル割当て技術の適用が考えられている。

6.3 チャネル割当てのあらまし

6.3.1 チャネル割当ての概念

6.1節および6.2節では、無線ゾーンの構成法を述べた。後半では、その各ゾーン (セル) にどのように無線チャネルを割り当てるか (配置するのか) というチャネル割当て (配置) の問題について述べる。

無線チャネル (radio channel) とは、基地局と移動局との間で通信を行うために設定される無線通信路のことをいう。具体的には、FDMA の場合なら特定の周

波数帯域のことであり、TDMA の場合なら特定のタイムスロットのことであり、CDMA の場合なら特定の符号系列のことである。図 6.10 (a) に示すように、あるセルに割り当てられている無線チャネル (以下、単にチャネルと呼ぶ) の数より、呼 (通信要求) が多ければ、その呼にチャネルが割り当てられず、呼損となる。呼損が多ければ、そのセルにいるユーザはなかなかつながないというサービス品質の悪さを感じるようになる。生じた呼が呼損となる確率を呼損率と呼ぶが、各セルへのチャネル割当て数は、通常、呼損率が3% となるように設計される。逆に、図 6.10 (b) に示すように、割り当てているチャネルの数がそのセル内の呼より多いものであるなら、それは過剰な割当てとなり有限な周波数を無駄に使用していることになる。このため、使用効率の良いチャネル割当てが必要となる。

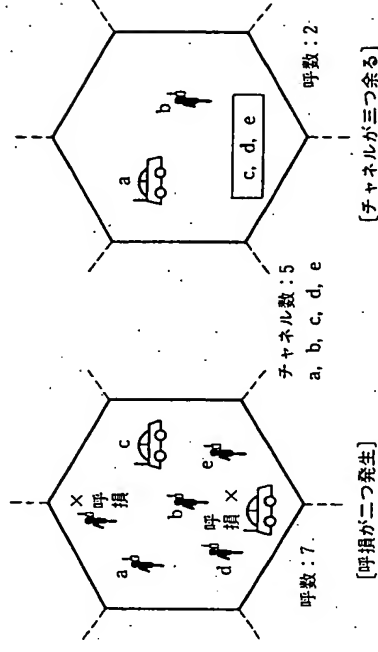


図 6.10 通信需要とチャネルの関係

一般に、システムに配分されたチャネルを各セルに割り当てる場合に考慮すべき要求条件としては、

- ① 各セルでの通信需要に応じたチャネル数を割り当てること、
 - ② 周辺のセルで使用されている同一チャネル干渉を考慮すること、
 - ③ 基地局のアンテナ共用装置に合う周波数間隔を満たすこと、
- の三つが上げられる。

ここで、①については、先に述べたとおりである。チャネルが少なければ結果として呼損率が上がるが、逆に、過剰にチャネルを割り当てると有限な周波数資源を無駄に使用することになる。また、②については、6.1節および6.2節で述べたとおりである。次に、③のアンテナの共用装置 [桑原, 1985] は、アンテナ

の設置条件と経済性から複数の送受信機で一つのアンテナを共用するものである。しかし、最近では、電力効率が良く線形性の強い共通増幅器の出現により共用装置を必要としない構成が可能となっている。このため、現在、チャネル割当てで問題となるのは、③に比べ①と②である。そこで、以下、①に注目して述べる。

6.3.2 必要なチャネル数の見積り

ある通信需要に対してシステムに必要なチャネル数を求める方法としては、通信トラヒック理論 (teletraffic theory) [秋丸, 1990] を用いることができる。ここでは、通信トラヒック理論の詳しい定義等は省き、簡単に必要なチャネル数を求める方法を述べる。

通信の量、いわゆるトラヒック量 (traffic volume) は、単位時間当たりの呼の総延べ保留時間である呼量 (traffic load, 単位はアーラン (erl)) で表される。例えば、1時間当たり三つの呼が発生し、それぞれが8分、5分、5分の保留時間をもったとする。この場合1時間が単位時間であるから、呼量は、 $(8+5+5)/60=0.3\text{erl}$ となる。また、呼量 a は、単位時間当たりの呼の生起数 c と平均保留時間 h の積でもある。上の例で計算すると、 $c=3$, $h=(8+5+5)/3=6\text{分}=0.1\text{時間}$ であり、 $a=0.3\text{erl}$ となる。

セルの呼量と必要なチャネル数を考えるとき、

図6.11のような入線と出線からなる接続システム (交換線群) を考えて、セル内の呼の生起はその交換線群の入線への呼の到着、呼にチャネルが

割り当てられることはその交換線群の任意のある出線に呼が接続されるというように考えることができる。

すると、この交換線群 (switching system) は、通信トラヒック理論でいう即時式完全線群の場合に相当する。即時式 (loss system) というのは、呼が発生した場合、交換線群が受け入れられずかを即時に決める方式であり、空いている出線 (チャネル) がなければ呼損として受け入れない。完全線群 (full availability system) というのは、空いている出線に対してどの入線からでも接続が可能な交換線群で、チャネル数を出線数として考えることができる。

呼がそれぞれ独立にランダム発生する場合には、その発生はポアソン分布 (Poisson distribution) に従う。また、通常の市内電話の保留時間分布は、指数

分布で近似できることが知られている。ここでは、携帯・自動車電話の呼の発生モデルも、このような発生モデルが適用可能であるとする。即時式完全線群で、呼の発生分布がポアソン分布に従い、その保留時間が指数分布に従った場合、呼損率 B と呼量 a とチャネル数 s の関係が、以下に示すアーラン B 式 (Erlang B formula) により求められる。

$$B = \frac{a^s / s!}{\sum_{i=0}^s a^i / i!} \quad (6.5)$$

アーラン B 式は、通信トラヒック理論の基本的な式として広く用いられている。数値例を表6.2に示す。表の負荷とは、交換線群に加わる呼量のことである。呼損率は、通常3%程度になるように設計される。例えば、あるセルに加わる(生起する)呼量が5.5erlであった時、呼損率を3%にするには、10チャネルあればいいことがわかる。

表 6.2 即時式完全群負荷表 (加わる呼量, 単位は erl)

呼損率 チャ ネル数	0.001	0.01	0.02	0.03	0.1
1	0.0010	0.0101	0.0204	0.0309	0.1111
5	0.7621	1.3608	1.6571	1.8752	2.8811
10	3.0920	4.4612	5.0840	5.5294	7.5106
15	6.0772	8.1080	9.0096	9.6500	12.4838
20	9.4115	12.0306	13.1815	13.9974	17.6132
30	16.6839	20.3373	21.9316	23.0623	28.1126
40	24.4442	29.0074	30.9973	32.4118	38.7874
50	32.5119	37.9014	40.2551	41.9327	49.5621
60	40.7950	46.9497	49.6441	51.5698	60.4013
70	49.2394	56.1120	59.1291	61.2913	71.2857
80	57.8104	65.3628	68.6881	71.0775	82.2033
90	66.4837	74.6843	78.3059	80.9149	93.1465
100	75.2420	84.0642	87.9720	90.7939	104.1098

6.3.3 チャネル割当て法

各セルへチャネルを割り当てる方法は、図6.12に示すように大きく二つに分けられる。一つは、各セルの使用するチャネルをあらかじめ決める固定チャネル割当て法 (fixed channel assignment) である。簡単に固定法とも呼ばれる。もう一つは、チャネルの割当てを各セルの呼の要求に応じて時間的に変化させるダイ

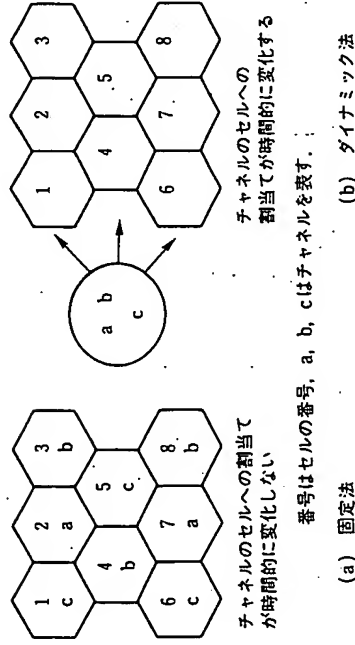


図 6・12 固定法とダイナミック法

ナミックチャネル割当て法 (dynamic channel assignment) である。ダイナミック法とも呼ばれる。各セルの呼量が均一である場合は、6・1・3に述べられている繰り返しパターンに従って同一チャネルを繰り返し割り当てるのが、繰り返し利用が最も多い理想的なチャネル割当てとなる。このため、固定法では、各セルの呼量を見積もり、必要なチャネル数を算出して、なるべく繰り返しパターンに合うようなチャネル割当て (配置) をすることになる。

固定法は、各セルが使用するチャネルが定まっているので制御等が簡単であり従来から使用されてきた。しかし、固定法は、各セルの呼量の変動に対して柔軟に対応することができない。一方、ダイナミック法は、要求に従って割り当てることにより呼量の変動に対応した効率よい割当てができる。

ダイナミック法では、どのようなチャネルをセルに割り当てるかによって、チャネルの使用効率等が異なるためさまざまなダイナミック法が提案されている。特に、移動通信需要の増大に対し有限な周波数を効率よく利用するため、効率の良いダイナミック法が求められている。以後は、このダイナミック法について概説する。なお、一部のチャネルを時間的に変化する割当て法を特に、フレキシブルチャネル割当て法 (flexible channel assignment) ということもあるが、本章では、チャネルを時間的に変化する割当ては、すべてダイナミック法として扱う。

6・4 ダイナミックチャネル割当て法の特徴

ここでは、ダイナミック法の概要を理解するため、固定法に対して比較したダイナミック法の基本的な特徴とその理由を述べる。

固定法に対するダイナミック法の長所として、

- ① 呼量が少ない状態の時、チャネル利用効率が良い、
 - ② 呼損率が等しい状態の時、ハンドオーバー時の強制切断が少なくなる、
- などが上げられる。また、短所として、

- ③ 呼量が多い状態の時、固定法よりチャネル利用効率が悪い、
 - ④ 基地局が持つ通信設備が多くなる、
 - ⑤ チャネル割当てのための制御が必要である、
- などが上げられる。以下、これらの特徴を詳細に述べる。

6・4・1 効率に関する特徴

各セルの呼量が等しい場合に、固定法とダイナミック法でチャネルを割り当てた場合の呼量と呼損率のおよその関係を図 6・13 に示す。呼量が少ない時は、固定法よりダイナミック法のほうがチャネル利用効率が良く呼損率が低くなる。また、呼量が多い時は、逆にダイナミック法のほうが固定法よりチャネルの利用効率が悪く呼損率が高くなる。上記の長所①と短所③は、これらのことを言っている。

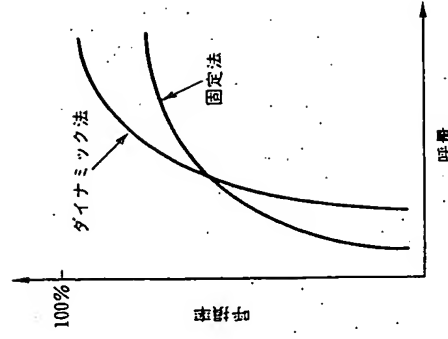
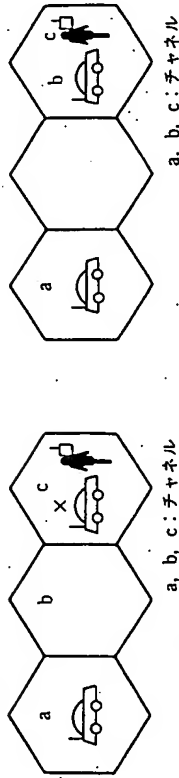


図 6・13 固定法とダイナミック法の呼量と呼損率

図 6・14は、ダイナミック法の長所①

を簡単に説明している。今、チャネルが a, b, c の三つで、セルも三つあるとする。呼が図のように発生した場合、固定法では、セルとチャネルの関係が変化しないため、中央のセルで空いているチャネルがあるにもかかわらず、呼損が生じてしまう。ダイナミック法の場合は、呼の発生に合わせてチャネルが割り当てられるため図のように呼損が生じない。

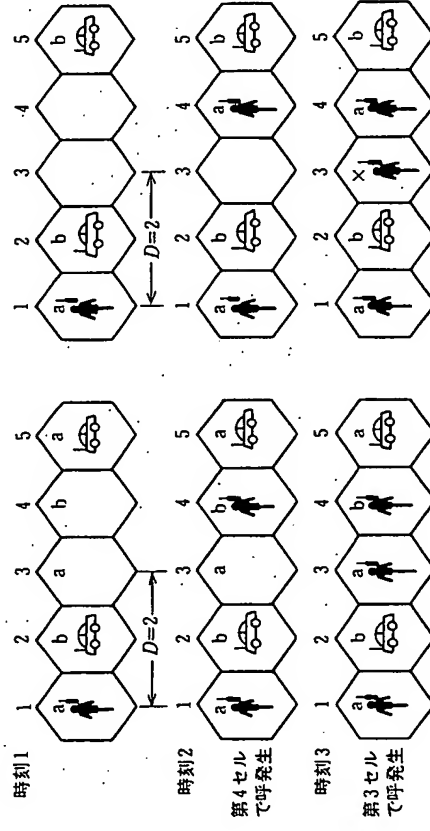


セルとチャネルの関係が決まっているので、各セルの呼の需要に合わせてチャネルを割り当てるので、この場合、呼損が発生しない。
bチャネルが空いているため呼損が発生してしまう。

(a) 固定法の場合 (b) ダイナミック法の場合

図 6-14 固定法に対するダイナミック法の長所 (その1)

しかし、呼の発生に合わせて制限なくチャネルを割り当てる方式では、同一チャネルが割り当てられるセルの間の距離が、最小限離さなくてはならない基地局間距離 D より小さくなることから、干渉により通信品質が劣化する。このようにチャネル割当てができない。これは、サービスエリア全体で考えると、チャネルの繰り返し使用が少なくなことを意味する。固定法では、各セルの呼量が均一なら同一チャネルを規則正しく D の間隔で割り当てるのが、ダイナミック法のほうがチャネルの利用効率が悪くなる。図 6-15 に簡単な例を示す。今、 $D=2$ で、当該セルから 2 セル目 (1 セル分離れたセル) から同一チャ



規則正しくチャネルを割り当てるため呼損が生じない。
その時々呼の要求に従って割り当てるために規則正しく割り当てられず呼損が生じる。

(a) 固定法 (b) ダイナミック法

図 6-15 固定法に対するダイナミック法の短所

チャネルが使用可能であるとする。固定法の場合は、同一チャネルは D 間隔で規則正しく密にチャネルが繰り返し使用されていて、呼損となる場合がない。しかし、ダイナミック法の場合は、時刻1でもチャネルの距離が D より大きくなってしまったため、時刻3の時に第3セルでチャネルを割り当てることでなくなってしまう呼損が生じる。

しかし、実際にシステムが運用されるのは、呼損率が3%程度の場合である。この呼損率の状態の時は、システムの容量に対して大きな呼量が増えられている状態であり、ダイナミック法の効率がよい場合である。例えば、1セル当たり11チャネルが与えられ7セル繰り返しの場合、ダイナミック法の一つである Channel borrowing 法で割り当てると固定法で割り当てた場合に比べ約28%加わる呼量を増加させることができることが報告されている [沢田, 1984]。

また、各セルの呼量は、実際は、例えば、昼と夜でも異なるように、時間的に変動し、各セルの呼量は不均一になる。呼量が時間的に変動すると、固定法はこれに対応できないが、ダイナミック法は柔軟に変動に対応できる。このため、ダイナミック法のチャネルの利用効率の良さがよく現れる。例えば、特定の3種類の呼量分布モデルを使って呼量を変化させた時、Channel borrowing 法で割り当てた場合は、固定法より約200%加わる呼量を増加させることができることが報告されている [沢田, 1984]。

6.4.2 強制切断に関する特徴

移動体がセルの境界を横断した場合には、通信を保持するため現在接続している基地局から移動先のセルの基地局に接続を変える制御、すなわち、ハンドオーバー (hand over) が行われる。この時にハンドオーバー先のセルで空いているチャネルが無いときは、その通信は強制切断 (forced call termination) となる。この強制切断については、呼損率が等しい状態の時にダイナミック法のほうが固定法より少なくなる。ハンドオーバー先で空いているチャネルがあれば、強制切断は起こらない。このため、基本的には、効率よくチャネルを使用する割当て法の方が、強制切断が少なくなる。加わる呼量を同じにして考えた場合は、チャネルの利用効率がそのまま問題になる。ここでは、呼損率が同じ状態、いわば、チャネルの利用効率が同じ状態の場合で考える。

固定法はセルとチャネルの関係が固定であるので、ハンドオーバー先のセルでは、必ず別のチャネルが割り当てられることになる。すなわち、生起する呼と同様に

新しくチャネルを割り当てることになる。このためハンドオーバーした場合に強制切断となる率は、呼損率と同じになる。

これに対し、ダイナミック法の場合は、図6-16に示すように、同一チャネル干渉が起きなければ、現在使用しているチャネルをそのままハンドオーバー先のセルでも使用することができ、強制切断になる場合の数が少なくなり、強制切断となる率は呼損率より低くなる。強制切断はサービス品質上、非常に重要な問題であるので、ダイナミック法のこの特徴は、注目すべきであると考えられる。

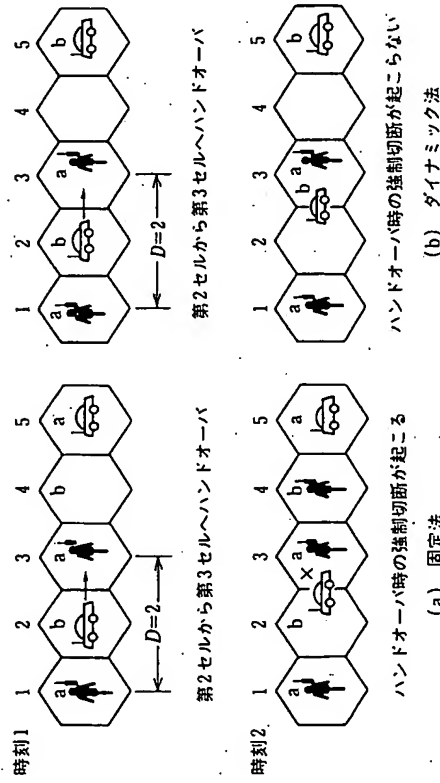


図6-16 固定法に対するダイナミック法の長所 (その2)

6-4-3 その他の特徴

基地局がもつ通信のための設備に関しては、ダイナミック法のほうが固定法より多くなる。固定法は割り当てられているチャネル数分の通信設備があればよい。しかし、ダイナミック法の場合は、割り当てられるチャネルの数だけ必要になる。図6-14でいえば、固定法の場合は、各基地局は一つの通信ができれば良いが、ダイナミック法の場合は、一番右のセルの基地局は、二つの通信ができるような設備を持たなくてはならない。ダイナミック法の種類にもよるが、最高で各基地局に対し、システムに与えられた全チャネル数分だけ必要になる。

各セルへチャネルを割り当ててするための制御に関しては、固定法は、あらかじめ設計されているために必要はない。しかし、ダイナミック法では、チャネルが割り当て可能かどうか判断するために、どのチャネルがどのセルで使用されているかを管理したり、キャリア対干渉電力比であるCI比を測定しなくてはならない。

6-5 ダイナミックチャネル割当ての制御方法

また、効率よいチャネル割当てにするために、どのチャネルを割り当てるかというチャネルの選択も必要になる。

6-5 ダイナミックチャネル割当ての制御方法

6-5-1 制御方法による分類

ダイナミック法を実現するための制御方法として、集中制御局が各セル（基地局）のチャネル使用状況等の情報を集めてチャネル割当てを行う集中制御および各セルがチャネル割当てを独自に自律して行う自律分散制御がある。ここでは、表6-3に示すように制御方法によりダイナミック法を分類する。

表6-3 ダイナミックチャネル割当て法の制御法の分類

	基地局間情報	使用可能チャネル判定法	割当てチャネル選取法
集中制御型	集中制御型	用いる 干渉構造テーブルによる	各基地局でのチャネルの使用状況を考慮して行う
	集中分散複合型	用いる 呼ごとにCI比を測定するのと干渉構造テーブルを併用する	各基地局でのチャネルの使用状況を考慮して行う
自律分散制御型	用いない	呼ごとにCI比を測定する	各基地局独自の情報による

自律分散制御型では、各セルの基地局が各チャネルのCI比を測定する。そして、通信が行えるのに必要なCI比のしきい値を超えるチャネルを割当て可能なチャネルとして判定し割り当てる。集中制御型では、判定方法は二通り考えられる。一つは、干渉するセルの関係をあらかじめ求めて干渉構造を表したテーブルを作り、その上で各セルでのチャネルの使用状況を管理する方法である。あるセルの干渉するセル群で使用していないチャネルがそのセルで割当て可能と判定する。もう一つは、自律分散制御型と同様にCI比を測定して判定する方法である。この場合、集中制御は、使用できるチャネルの中でどのチャネルを選択するかという問題に使用される。これを集中分散制御複合型 (centralized and distributed control) と分けることもできる。しかし、自分以外の他のセルの情報をを用いるかどうかでシステムの作り方が大きく異なるため、以下では、各セルの基地局がチャネル割当てを独自に自律的に行う以外は、集中制御型として扱う。